PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : G03F 7/20 — A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 93/09472

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Mai 1993 (13.05.93)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00860

(22) Internationales Anmeldedatum: 30. Oktober 1991 (30.10.91)

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)* : VOGT, Holger [DE/DE]; Emdener Straße 31, D-4330 Mülheim 13 (DE). KÜCK, Heinz [DE/DE]; Lindauer Straße 28, D-4100 Duisburg 28 (DE). HESS, Günther [DE/DE]; Richard-Wagner-Straße 112, D-4100 Duisburg 1 (DE). GEHNER, Andreas [DE/DE]; Kammerstraße 89, D-4100 Duisburg 1 (DE).

(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Seitnerstraße 42, D-8023 Pullach bei München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, NL, SE).

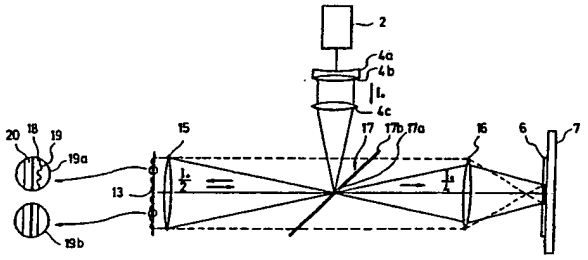
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: LIGHT EXPOSURE DEVICE

(54) Bezeichnung: BELICHTUNGSVORRICHTUNG

(57) Abstract

A light exposure device for directly exposing photosensitive layers has a light source (2) and a pattern generator (3). The pattern generator (3) has an optical schlieren system (14) and an active, matrix-addressable surface light modulator (13). The schlieren system (14) has a schlieren objective (15) and a projection objective (16), as well as a reflecting device (17) arranged between both objectives that directs the light from the light source (2) onto the surface (19) of the surface light modulator (13). A filtering device (17, 17b) filters out diffracted light and lets through non diffracted light from the surface light modulator (13) to the projection objective (16). The structure to be exposed is secured on a movable positioning table (7). The surface light modulator is (13) addressed so that its non-addressed surface areas (19a, 19b, ...) correspond to the projection areas of the structure to be exposed.



(57) Zusammenfassung

Eine Belichtungsvorrichtung für die Direktbelichtung von lichtempfindlichen Schichten hat eine Lichtquelle (2) und einen Mustergenerator (3). Der Mustergenerator (3) hat ein optisches Schlierensystem (14) und einen aktiven, Matrix-adressierbaren Flächenlichtmodulator (13). Das Schlierensystem (14) hat ein Schlierenobjektiv (15) und ein Projektionsobjektiv (16) und eine zwischen diesen Objektiven angeordnete Spiegelvorrichtung (17), die Licht von der Lichtquelle (2) auf die Oberfläche (19) des Flächenlichtmodulators (13) richtet. Eine Filtervorrichtung (17, 17b) dient zum Herausfiltern von gebeugtem Licht und zum Durchlassen von ungebeugtem Licht von dem Flächenlichtmodulator (13) zu dem Projektionsobjektiv (16). Die zu belichtende Struktur ist auf einem verfahrbaren Positioniertisch (7) festgelegt. Der Flächenlichtmodulator (13) wird derart adressiert, daß dessen nicht-adressierte Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) den zu belichtenden Projektionsbereichen der Struktur entsprechen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabon	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	PL	Polen
BJ	Benin	IE	Irland	PT	Portugal
BR	Brasilien	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SK	Slowakischen Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Soviet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechischen Republik	MC	Monaco	TG	Togo
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam
FI	Finnland				

Belichtungsvorrichtung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Belichtungsvorrichtung zum Herstellen von Vorlagen, wie beispielsweise Retikels und Masken, für die Fertigung elektronischer Elemente oder zum Direktbelichten von Scheiben und Substraten bei den für die Herstellung notwendigen fotolithographischen Schritten oder von Strukturen mit lichtempfindlichen Schichten, wobei diese Belichtungsvorrichtung eine Lichtquelle und einen Mustergenerator umfaßt.

Insbesondere befaßt sich die vorliegende Erfindung mit der Herstellung von Vorlagen, Retikels und Masken oder mit der Direktbelichtung im Mikrometerbereich bei der Halbleiterfertigung, der Fertigung von integrierten Schaltkreisen, der Hybridfertigung und der Fertigung von flachen Bildschirmen sowie ähnlichen Fertigungsverfahren, bei denen Belichtungsprozesse eingesetzt werden. Insbesondere befaßt sich die Erfindung mit einer Belichtungsvorrichtung, wie sie für die Direktbelichtung von Halbleiterscheiben in der Halbleiterfertigung und von Substraten in der Hybrid- und Verbindungstechnik eingesetzt werden kann.

Bei der Herstellung von Retikels, die Belichtungsschablonen für die fotolithographische Schaltkreisherstellung sind, sowie bei der Herstellung von Masken und bei der Direktbelichtung von Halbleiterprodukten werden Elektronenstrahlschreiber, Laserstrahlgeräte und optische Mustergeneratoren mit einer Laserlichtquelle oder einer Quecksilberdampflampe eingesetzt. Optische Mustergeneratoren nach dem Stand der Technik erzeugen die gewünschten Strukturen durch das aufeinanderfolgende, einzelne Belichten von Rechteckfenstern, die

durch mechanische Rechteckblenden festgelegt werden. Die Komplexität der zu erzeugenden Struktur bestimmt die Anzahl der erforderlichen Belichtungsrechtecke, die wiederum die Schreibzeit oder Belichtungszeit für die Struktur bestimmt. Die Genauigkeit der verwendeten mechanischen Rechteckblenden begrenzt wiederum die Genauigkeit der mit diesen bekannten Mustergeneratoren erzeugbaren Strukturen.

Bei Laserstrahlgeräten nach dem Stand der Technik wird die zu belichtende Fläche mit einem Laserstrahl abgerastert. Die Schreibgeschwindigkeit oder Belichtungsgeschwindigkeit derartiger Laserstrahlgeräte ist durch den für das Rasterverfahren notwendigen seriellen Datenfluß begrenzt. Ferner bedingen derartige Laserstrahlgeräte einen hohen mechanisch-optischen Aufwand.

Die im Stand der Technik eingesetzten Elektronenstrahlgeräte können nur für die Belichtung von elektronenempfindlichen, speziellen Photolacksystemen verwendet werden und erfordern, verglichen mit den oben beschriebenen Laserstrahlgeräten, zusätzlich eine Hochvakuumtechnik. Elektronenstrahlgeräte erfordern daher sehr hohe Investitions- und Betriebskosten.

Aus der Fachveröffentlichung B. W. Brinker et al, "Deformation behavior of thin viscoelastic layers used in an active -matrix-addressed spatial light modulator", Proceedings of SPIE 1989, Band 1018 ist es bereits bekannt, für die Erzeugung von Fernsehbildern oder für Zwecke der Bildanzeige ein reflektives optisches Schlieren-System mit einem aktiven, Matrix-adressierten, viskoelastischen Flächenlichtmodulator einzusetzen. Dieser umfaßt eine Dauerlichtquelle, deren Licht durch ein geeignetes optisches System vertikal auf die Oberfläche des Flächenlichtmodulators auffällt. Oberflächenbereiche des Flächenlichtmodulators sind bei Adressierung von Steuerelektroden deformierbar, so daß das auf die Oberfläche fallende Licht bei adressierten Oberflächenelementen gebeugt, bei nicht-adressierten Oberflächenelementen ungebeugt reflektiert wird. Das ungebeugte Licht wird zur Licht-

quelle zurückgelenkt, während das gebeugte Licht über das optische Schlierensystem zur Bilderzeugung auf dem Fernsehbildschirm oder auf einer Bildanzeigefläche verwendet wird.

Aus der Firmenschrift Texas Instruments, JMF 008:0260; 10/87 ist ein Flächenlichtmodulator bekannt, dessen reflektierende Oberfläche aus einer Vielzahl von elektrisch adressierbaren, mechanisch verformbaren Zungen besteht.

Die ältere, nicht vorveröffentlichte internationale Patentanmeldung PCT/DE91/00375 der Anmelderin offenbart eine Belichtungsvorrichtung zum Herstellen von Vorlagen für die Fertigung elektronischer Elemente oder zum Direktbelichten von Scheiben oder Substraten mit einer Lichtquelle und einem Mustergenerator, bei der der Mustergenerator ein optisches Schlierensystem und einen aktiven, Matrix-adressierbaren Lichtmodulator aufweist, der eine reflektierende Oberfläche hat, deren adressierte Oberflächenbereiche einfallendes Licht beugen und deren nicht-adressierte Oberflächenbereiche einfallendes Licht reflektieren, wobei das Schlierensystem ein Schlierenobjektiv nahe des Flächenlichtmodulators und ein Projektionsobjektiv hat, wobei eine Filtervorrichtung zwischen dem Schlierenobjektiv und dem Projektionsobjektiv angeordnet ist, die das Licht von nicht-adressierten Oberflächenbereichen herausfiltert und lediglich das gebeugte Licht von adressierten Oberflächenbereichen des Flächenlichtmodulators über das Projektionsobjektiv zu der Vorlage bzw. dem elektronischen Element vorläßt. Diese Belichtungsvorrichtung arbeitet in einem sogenannten positiven Mode, bei dem die angesteuerten, adressierten Bereiche des Flächenlichtmodulators belichteten Bereichen in der Projektion auf der Vorlage bzw. dem elektronischen Element entsprechen. Mit anderen Worten läßt die Filtervorrichtung dieser Belichtungsvorrichtung alle Beugungsordnungen mit Ausnahme der nullten Ordnung durch. Die Intensitätsverteilung der Projektion weist eine unerwünschte Modulation auf, deren Amplitude und Modulationsperiode von der Anzahl und Art der zur Projektion beitragenden Beugungsordnungen sowie von dem rela-

tiven Einfluß der einzelnen Ordnungen abhängt, wobei der Intensitätsanteil einer Beugungsordnung proportional zum Quadrat der entsprechenden Besselfunktion ist. Die Periode der Feinstruktur der Projektion muß daher soweit reduziert werden, daß sie von der abbildenden Optik bzw. von dem zu belichtenden Fotolack nicht mehr aufgelöst wird. Hierzu kann beispielsweise die Gitterkonstante des Flächenlichtmodulators minimiert, der Projektionsmaßstab verkleinert oder der sogenannte Beugungsefficiency erhöht werden, wodurch der Einfluß höherer Beugungsordnungen erhöht wird. Da für die Erhöhung des Beugungsefficiency eine Erhöhung der Deformationsamplidute erforderlich ist, geht dies mit einer vergrößerten Gitterkonstante einher, so daß der gewünschte Effekt zum Teil wieder kompensiert wird. Daher ist der Grad der erzielbaren Homogenität der Ausleuchtung der einzelnen Bildelemente der Projektion bei dieser Belichtungsvorrichtung begrenzt.

Gegenüber diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Belichtungsvorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die trotz einfacher Struktur nicht nur eine gegenüber der Belichtungszeit oder Schreibzeit von Laserstrahlanlagen oder Elektronenstrahlanlagen reduzierte Belichtungszeit ermöglicht, sondern auch eine homogene Belichtung der einzelnen Bildelemente der Projektion gewährleistet.

Diese Aufgabe wird durch eine Belichtungsvorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung umfaßt die Belichtungsvorrichtung zum Herstellen von Vorlagen für die Fertigung elektronischer Elemente oder zum Direktbelichten von Scheiben oder Substraten bei den für ihre Herstellung notwendigen fotolithographischen Schritten oder von Strukturen mit lichtempfindlichen Schritten eine Lichtquelle und einen Mustergenerator, wobei der Mustergenerator ein optisches Schlierensystem und einen aktiven, Matrix-adressierbaren Flächenlichtmodulator

aufweist, der eine reflektierende Oberfläche hat, deren adressierte Oberflächenbereiche einfallendes Licht beugen und deren nicht-adressierte Oberflächenbereiche einfallendes Licht reflektieren, wobei das Schlierensystem ein flächenlichtmodulatorseitiges Schlierenobjektiv, ein dem Flächenlichtmodulator abgewandtes Projektionsobjektiv und eine zwischen diesen Objektiven angeordnete Spiegelvorrichtung aufweist, die Licht von der Lichtquelle auf die Oberfläche des Flächenlichtmodulators richtet, wobei das Schlierenobjektiv mit einem bezogen auf seine Brennweite geringen Abstand zu dem Flächenlichtmodulator angeordnet ist und wobei eine Filtervorrichtung zwischen dem Schlierenobjektiv und dem Projektionsobjektiv angeordnet ist, die derart ausgebildet ist, daß sie das von den adressierten Oberflächenbereichen des Flächenlichtmodulators reflektierte, gebeugte Licht herausfiltert und das von den nicht-adressierten Oberflächenbereichen reflektierte, ungebeugte Licht über das Projektionsobjektiv zu der Vorlage oder dem elektronischen Element oder der Struktur hindurchläßt, wobei die Belichtungsvorrichtung ferner einen verfahrbaren Positioniertisch aufweist, auf dem die Vorlage oder das elektronische Element oder die Struktur derart festlegbar ist, daß die nicht adressierten Oberflächenbereiche des Flächenlichtmodulators auf der Vorlage oder dem elektronischen Element oder der Struktur scharf abbildbar sind, und wobei der Flächenlichtmodulator derart adressiert wird, daß dessen nicht-adressierte Oberflächenbereiche den zu belichtenden Projektionsbereichen der Vorlage oder des elektronischen Elementes oder der Struktur entsprechen. Bei der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung ist die Filtervorrichtung also derart ausgebildet, daß sie lediglich Licht der nullten Beugungsordnung hindurchläßt, wobei der Flächenlichtmodulator derart adressiert wird, daß dessen nicht-adressierte Oberflächenbereiche den zu belichtenden Projektionsbereichen entsprechen. Kurz gesagt arbeitet die erfindungsgemäße Belichtungsvorrichtung in dem negativen Mode. Im Gegensatz zu der in dem positiven Mode arbeitenden, oben geschilderten Belichtungsvorrichtung, bei der die Projektion eine Feinstruktur zeigt,

hat die Ausleuchtung der Bildelemente bei der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung keine Feinstruktur, sondern eine ideale Homogenität mit ideal-rechteckförmiger Intensitätsverteilung. Neben der homogenen Ausleuchtung der projizierten Bildelemente gelangt unabhängig von der erzielbaren Beugungsefficiency ein hoher Intensitätsanteil der Lichtquelle zur Abbildung. Ferner wird unerwünschtes Streulicht gut unterdrückt, da der innerhalb der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung durch eine Blende ausgesperrte Bereich gegenüber dem durchgelassenen Bereich bei weitem überwiegt.

Ferner treten bei der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung auch keine Stabilitätsprobleme zur Sicherstellung einer bestimmten Mindestintensität für die Projektion auf, da die Belichtung in dem nicht-angesteuerten Zustand des betreffenden Oberflächenbereichs erfolgt, so daß im Falle eines Flächenlichtmodulators mit einer viskoelastischen Steuerschicht, auf der die reflektierende Oberfläche angeordnet ist, sich das Elastomer in seinem relaxierten Zustand befindet.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Gemäß einem wesentlichen Erfindungsaspekt handelt es sich bei der Lichtquelle der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung um eine gepulste Laserlichtquelle, deren Pulsdauer kürzer ist als der Quotient der minimalen Abmessung der zu erzeugenden Struktur geteilt durch die Verfahrgeschwindigkeit des Positioniertisches. Bei dieser Ausgestaltung ermöglicht die erfindungsgemäße Belichtungsvorrichtung ein stroboskopartiges Belichten der Vorlage bzw. des elektronischen Elementes bzw. der Struktur während eines im wesentlichen kontinuierlichen Verfahrens des Positioniertisches, wodurch sehr hohe Schreibgeschwindigkeiten oder Belichtungsgeschwindigkeiten erzielt werden.

Trotz der hohen Belichtungsintensität der einzelnen Laser-

lichtpulse macht die Erfindung von einem Flächenlichtmodulator Gebrauch, wie er im Stand der Technik nur für Anwendungsfälle von sehr niedriger Belichtungsintensität herangezogen wird, wie dies beispielsweise bei Fernsehbildschirmen der Fall ist. Da jedoch die Laserlichtpulse bei der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung von nur niedriger Dauer sind, bleibt der Flächenlichtmodulator den thermischen Anforderungen gewachsen. Durch die schnelle Programmierbarkeit oder Adressierbarkeit des Flächenlichtmodulators kann dieser während der Verfahrbewegung des Positioniertisches zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilbildern einer zu erzeugenden Gesamtstruktur umprogrammiert oder umadressiert werden. Damit ist nicht nur im Falle der Direktbelichtung von Halbleiterscheiben mit wiederholten Strukturen eine kurze Belichtungspulsfolge möglich, sondern ebenfalls aufgrund der schnellen Umprogrammierbarkeit des Flächenlichtmodulators die Erzeugung von unregelmäßigen Strukturen möglich.

Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Gesamtstruktur der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung;

Fig. 2 bis Fig. 4 Detaildarstellungen einer ersten, zweiten und dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung;

Fig. 5 einen Prismenaufsatz für die Anpassung der Lichteinlenkung bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4;

Fig. 6 eine Anpassung des Lichteinlenkwinkels bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 durch gedrehte Spiegelanordnung; und

Fig. 7 eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung.

Die in Fig. 1 gezeigte Belichtungsvorrichtung ist in ihrer Gesamtheit mit den Bezugszeichen "1" bezeichnet und dient zum Herstellen von Vorlagen, wie beispielsweise Retikels und Masken für die Fertigung elektronischer Elemente, oder zum Direktbelichten von Substraten oder von Strukturen mit lichtempfindlichen Schichten. Die erfindungsgemäße Belichtungsvorrichtung 1 weist eine Excimer-Laserlichtquelle 2 auf. Diese Excimer-Laserlichtquelle ist eine Gasentladungslaservorrichtung mit Wellenlängen im UV-Bereich von etwa 450 bis 150 nm, die in steuerbarer Weise Lichtpulse mit sehr hoher Lichtintensität pro Puls und hoher Wiederholrate abgibt. Die Excimer-Laserlichtquelle 2 steht mit einem Mustergenerator 3 über eine beleuchtende optische Einheit 4 in Verbindung. Die beleuchtende optische Einheit 4 dient dazu, das Licht von der Excimer-Laserlichtquelle 2 einem später zu erläuternden Flächenlichtmodulator 13 des Mustergenerators 3 in der Weise zuzuführen, daß die Lichtapertur der Excimer-Laserlichtquelle 2 an die Oberfläche des Flächenlichtmodulators angepaßt wird. Bei bevorzugten Ausführungsformen, die nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 erläutert werden, ist die beleuchtende optische Einheit 4 durch Linsensysteme von an sich bekannter Struktur gebildet.

Der Mustergenerator bildet mittels einer projezierenden optischen Einheit 5 in noch näher zu beschreibenden Weise ein Muster auf eine Vorlage 6 ab, die von einem x-y-θ-Positioniertisch gehalten wird.

Die projizierende optische Einheit 5 dient nicht nur zur Abbildung des von dem Mustergenerator 3 erzeugten Musters auf der Vorlage 6, sondern gleichfalls zur gewünschten Vergrösserung oder Verkleinerung bei der Abbildung und, soweit dies gewünscht ist, zur Autofokussierung der Abbildung auf der Vorlage 6.

Wie bereits erläutert, kann es sich bei der Vorlage beispielsweise um Retikels oder Masken handeln. Im Falle der Direktbelichtung, die gleichfalls eingangs erläutert wurde, trägt der x-y-θ-Positioniertisch 7 anstelle der Vorlage 6 eine zu belichtende Halbleiterscheibe, ein sonstiges, mittels Photolithographie zu erzeugendes Element oder eine Struktur mit einer lichtempfindlichen Schicht, die zu beschriften oder zu belichten ist.

Der Positioniertisch 7 ist auf einer schwingungsisolierenden Trägerkonstruktion 8 angeordnet. Auf dieser Trägerkonstruktion 8 kann eine Be- und Entladestation 9 für weitere Vorlagen 6 bzw. Halbleiterelemente oder zu belichtende Strukturen vorgesehen sein. Die Be- und Entladestation 9 kann in einer in der Halbleiterfertigung üblichen Art zum automatischen Beschicken des Positioniertisches 7 mit den zu belichtenden Vorlagen oder Substraten oder sonstigen Halbleiterelementen ausgestaltet sein.

Ein Steuerrechner 10 mit zugehöriger Steuerelektronik 11 übernimmt alle Steuerfunktionen für die Belichtungsvorrichtung. Insbesondere stehen der Steuerrechner 10 und die Steuerelektronik 11 mit dem Positioniertisch 7 zum Zwecke der rechnergesteuerten Lagesteuerung des Positioniertisches in Verbindung. Der Steuerrechner 10 programmiert bzw. adressiert den Mustergenerator 3 in Abhängigkeit von der jeweiligen Steuerlage des Positioniertisches 7 zum aufeinanderfolgenden Erzeugen von Teilbildern auf der Vorlage 6, aus denen sich die belichtete Gesamtstruktur ergibt. Als Datenträger wird eine Magnetbandeinheit oder eine LAN-Schnittstelle (nicht dargestellt) eingesetzt.

Wie in Fig. 2 dargestellt ist, umfaßt der Mustergenerator 3 einen Flächenlichtmodulator oder zweidimensionalen Lichtmodulator 13 sowie ein optisches Schlierensystem, das ein dem Flächenlichtmodulator 13 zugewandtes Schlierenobjektiv 15, ein dem Flächenlichtmodulator 13 abgewandtes Projektionsobjektiv 16 und eine zwischen dem Schlierenobjektiv 15 und dem

Projektionsobjektiv 16 angeordnete Spiegelvorrichtung 17 aufweist.

Das Schlierenobjektiv 15 ist mit einem bezogen auf seine Brennweite geringen Abstand zu dem Flächenlichtmodulator 13 angeordnet.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform umfaßt die Spiegelvorrichtung einen um die Brennweite des Schlierenobjektives 15 von diesem beabstandeten teildurchlässigen Spiegel 17a, der um 45° gegenüber der optischen Achse der Objektive 15, 16 gedreht angeordnet ist. Der teildurchlässige Spiegel 17a erstreckt sich lediglich über einen vergleichsweise kleinen Mittenbereich, so daß von diesem lediglich das von dem Flächenlichtmodulator 13 reflektierte Licht der nullten Beugungsordnung durchgelassen wird. Außerhalb dieses Mittenbereichs ist die Spiegelvorrichtung 17 als Blende 17b ausgestaltet, welche zur Herausfilterung aller Beugungsordnungen des reflektierten Lichtes von dem Flächenlichtmodulator mit Ausnahme der nullten Beugungsordnung dient. Da nur die Hälfte der Intensität des von der Lichtquelle 2 einfallenden Lichtes durch den teildurchlässigen Spiegel 17a zu dem Flächenlichtmodulator 13 hin umgelenkt wird und da ebenfalls nur die Hälfte des von diesem reflektierten Lichtes zu dem Projektionsobjektiv 16 hin durchgelassen wird, hat das zu dem Projektionsobjektiv 16 gelangende Licht höchstens ein Viertel der Intensität des von der Lichtquelle 2 abgegebenen Lichtes.

Zwischen der Excimer-Laserlichtquelle 2 und der Spiegelvorrichtung 17 liegen eine Strahlaufweitungsoptik 4a, 4b und eine Fokussierungsoptik 4c, welche der Fokussierung des von der Excimer-Laserlichtquelle 2 abgegebenen Lichtes auf die Spiegelvorrichtung 17 dienen und welche Bestandteile der beleuchtenden optischen Einheit 4 sind.

Der Flächenlichtmodulator 13 umfaßt eine viskoelastische Steuerschicht 18, die in Richtung zu dem Schlierenobjektiv

15 von einer reflektierenden Oberfläche 19 abgeschlossen ist, welche beispielsweise von einem Metallfilm gebildet sein kann. Ferner umfaßt der Flächenlichtmodulator 13 eine sogenannte aktive Adressierungsmatrix 20, die aus einer monolithisch integrierten Anordnung von MOS-Transistoren mit zugeordneten Steuerelektrodenpaaren gebildet sein kann. Typischerweise umfaßt die Adressierungsmatrix 20 2000 x 2000 Bildelemente. Jedem Bildelement oder Oberflächenbereich 19a, 19b, ... der reflektierenden Oberfläche 19 der Adressierungsmatrix 20 sind zwei Transistoren mit ein oder mehreren Elektrodenpaaren zugeordnet, die jeweils ein Diffraktionsgitter mit einer oder mehreren Gitterperioden mit der viskoelastischen Schicht 18 und ihrer reflektierenden Oberfläche 19 bilden.

Wenn ein Oberflächenbereich 19a, 19b, ... durch Anlegen von entgegengesetzten Spannungen an den beiden Elektroden eines Elektrodenpaares des betreffenden Oberflächenbereiches adressiert wird (logisch "1"), nimmt die reflektierende Oberfläche 19 einen im Querschnitt etwa sinusförmigen Verlauf an. Bei Nicht-Adressierung ist der betreffende Oberflächenbereich 19a, 19b, ... eben. Wenn ein Lichtstrahl auf einen nicht-adressierten Oberflächenbereich 19a, 19b, ... einfällt, wird dieser reflektiert und gelangt durch den teildurchlässigen Spiegel 17a zu dem Projektionsobjektiv 16. Lichtstrahlen von adressierten Oberflächenbereichen werden durch die Blende 17b herausgefiltert.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 umfaßt die Spiegelvorrichtung 17 den teildurchlässigen Spiegel 17a sowie die Blende 17b, welche als Filtervorrichtung für die höheren Beugungsordnungen dient. Sowohl der teildurchlässige Spiegel 17a als auch die Blende 17b sind also im wesentlichen in der Brennebene des Schlierenobjektivs 15 angeordnet.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 werden die Funktionen der Lichteinkopplung und der Filterung durch die Spiegelvorrichtung 17 mit einem teildurchlässigen Spiegelmittenbereich

und einem blendenartigen Außenbereich realisiert. In Abweichung zu diesem Ausführungsbeispiel kann, wie nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 3 erläutert wird, eine örtliche und funktionale Trennung der Lichteinkopplung und der Filterung durchgeführt werden. Die Ausführungsform gemäß Fig. 3 unterscheidet sich dadurch von der Ausführungsform gemäß Fig. 2, daß bei dieser der teildurchlässige Spiegel 17a bezüglich der Brennebene R des Schlierenobjektivs 15 entlang der optischen Achse auf das Schlierenobjektiv 15 hin versetzt angeordnet ist. Bei dieser Ausgestaltung fokussiert die Fokussiereinrichtung 4 das von der Lichtquelle 2 stammende Licht in einem Punkt P, dessen Abstand a von dem teildurchlässigen Spiegel 17a in der Achse des Strahlenganges ebenso groß ist wie der Abstand des teildurchlässigen Spiegels 17a in der optischen Achse der Optik 15, 16 von der Brennebene R des Schlierenobjektivs 15. Die funktional und örtlich nunmehr getrennt ausgebildete Blende 17b ist in der Brennebene angeordnet und dient zum Durchlassen von Licht der nullten Beugungsordnung sowie zum Herausfiltern des Lichts höherer Beugungsordnungen.

Gleichfalls ist es denkbar, bei Fokussierung des von der Lichtquelle 2 kommenden Lichts auf den teildurchlässigen Spiegel 17a in der optischen Achse den teildurchlässigen Spiegel 17a gegenüber der Brennebene des Schlierenobjektivs 15 entlang der optischen Achse auf dieses hin versetzt anzuordnen, wodurch sich die Beugungsebene entsprechend in die entgegengesetzte Richtung von der Brennebene des Schlierenobjektivs 15 wegbewegt, so daß in diesem Fall die Blende 17b gegenüber der Brennebene des Schlierenobjektivs 15 in Richtung auf das Projektionsobjektiv 16 hin versetzt anzuordnen ist.

Die Vorteile der zuletzt beschriebenen Anordnungen liegen darin, daß in diesem Fall der teildurchlässige Spiegel 17a und die Filtervorrichtung separat justiert und bezüglich ihrer Einstellung unabhängig voneinander optimiert werden können. Insbesondere können verschiedene Filter in die Be-

lichtungsvorrichtung eingesetzt werden, ohne daß hierdurch die Justage der Lichteinkopplung berührt wird.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 4 hebt sich dadurch von der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ab, daß hier die Spiegelvorrichtung 17 durch eine verspiegelte Schlitzblende gebildet ist, welche gegenüber der optischen Achse, die durch die Objektive 15, 16 festgelegt ist, senkrecht zu dieser in Einfallsrichtung oder entgegen der Einfallsrichtung des von der Laserlichtquelle 2 stammenden Lichtes mit einem Versatz Δx angeordnet ist. Der Schlitz 17d der Schlitzblende 17c ist derart außerhalb der optischen Achse angeordnet, daß das von den nicht-adressierten Oberflächenbereichen 19a, 19b, ... des Flächenlichtmodulators 13 reflektierte Licht diesen Schlitz 17d in Richtung zum Projektionsobjektiv 16 hin durchläuft. Durch den in der Zeichnung der Fig. 4 gegenüber der optischen Achse nach oben verschobenen Spiegel der Schlitzblende 17c erhält man eine Trennung der auf der Schlitzblende gebildeten Punktlichtquelle sowie des reflektierten Lichtes der nullten Beugungsordnung.

Bei dieser Ausführungsform ist zusätzlich zur Anhebung der Spiegelvorrichtung 17 eine Anpassung des Einlenkwinkels erforderlich, was durch die unter Bezugnahme auf Fig. 5 und 6 erläuterten Maßnahmen geschehen kann.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, kann vor der Fokussierungsoptik 4c ein Prisma 4d vorgesehen sein, welches das parallele Licht, das auf das Prisma einfällt, um einen Winkel $\Delta \beta$ ablenkt, für den folgender Zusammenhang gilt:

$\Delta \beta = \text{arctg} (\Delta x/R)$, wobei Δx den Versatz und R die Brennweite des Schlierenobjektivs 15 bezeichnen.

In Abweichung hierzu ist es möglich, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist, eine Anpassung des Einlenkwinkels durch Drehen des Spiegels 17c um einen Winkel $\Delta \beta/2$ vorzunehmen, für den folgender Zusammenhang gilt:

$\Delta\beta/2 = 1/2$ arctg $(\Delta x/R)$, wobei wiederum Δx den Versatz und R die Brennweite des Schlierenobjektivs 15 bezeichnen.

Bei der nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 7 zu beschreibenden Ausführungsform wird im Gegensatz zu den vorherigen Ausführungsformen nicht nur eine einzige Punktlichtquelle erzeugt, mit der der Flächenlichtmodulator 13 beleuchtet wird, sondern mehrere, im wesentlichen punktsymmetrische Punktlichtquellen generiert, die jeweils die gesamte Fläche des Flächenlichtmodulators beleuchten. Hier umfaßt die Spiegelvorrichtung 17 drei punktsymmetrisch angeordnete, teildurchlässige Spiegel 17α, 17β, 17γ, die auf einer gemeinsamen Blendenstruktur 17δ zum Herausfilern von reflektiertem Licht mit erster oder höherer Beugungsordnung dient.

Der mittlere Spiegel 17α liegt im Brennpunkt des Schlierenobjektivs 15. Die weiteren teildurchlässigen Spiegel 17β, 17γ sind zu dem erstgenannten Spiegel 17α symmetrisch angeordnet. Die Punktlichtquelle, die am Ort des zweiten teildurchlässigen Spiegels 17β erzeugt wird, führt bei nicht-adressierten Oberflächenbereichen 19a, 19b zu einem reflektierten Lichtstrahl, der den dritten teildurchlässigen Spiegel 17γ in Richtung zum Projektionsobjektiv 16 hin durchläuft.

Die obere Darstellung gemäß Fig. 7 zeigt die Belichtungsvorrichtung in der x-z-Ebene, während die untere Darstellung die Belichtungsvorrichtung in der y-z-Ebene längs der Schnittlinie I - I der oberen Darstellung zeigt.

Die jeweiligen Achsenrichtungen der teildurchlässigen Spiegel 17α, 17β, 17γ, liegen in der y-Richtung und somit parallel zu der durch die Welligkeit der Oberfläche 19 des Flächenlichtmodulators 13 erzeugten Phasenstruktur.

Um die Punktlichtquellen zu erzeugen, umfaßt die beleuchtende optische Einheit 4 für jeden teildurchlässigen Spiegel 17α, 17β, 17γ, ein Zylinderlinsensystem 21, 22, 23, das parallel zu der Phasenstruktur und somit in der y-Richtung

ausgerichtet ist.

Diese Zylinderlinsensysteme haben, wie aus der Fig. 3 ersichtlich ist, unterschiedliche Brennweiten zur Fokussierung auf die teildurchlässigen Spiegel 17α, 17ß, 17γ. Ferner umfassen die außerhalb der optischen Achse angeordneten Zylinderlinsensysteme 21, 23 Prismen, um das Licht jeweils in einem solchen Winkel auf die Spiegel 17ß, 17γ einfallen zu lassen, daß der Flächenlichtmodulator 13 jeweils ganzflächig ausgeleuchtet wird. In dem optischen Weg hinter dem parallel zu der Phasenstruktur liegenden Zylinderlinsensystem 21, 22, 23 ist ein senkrecht zu der Phasenstruktur angeordnetes Zylinderlinsensystem 24, 25, 26 vorgesehen, dessen Aufbau und Anordnung dem soeben beschriebenen Zylinderlinsensystem entspricht. Die hintereinander geschalteten Zylinderlinsensysteme erzeugen bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel neun Punktlichtquellen auf den drei teildurchlässigen Spiegeln 17α, 17ß, 17γ.

Während des Betriebes wird der Positioniertisch 7 kontinuierlich in einer vorbestimmten Bewegungsrichtung bewegt, während einander sich überlappende Teilbilder der gesamten abzubildenden Struktur auf die Vorlage 6 durch Pulsen der Excimer-Laserlichtquelle 2 abgebildet werden. In der Regel umfaßt die Adressierungsmatrix 20 eine Mehrzahl von funktionsunfähigen Bildelementen aufgrund von Herstellungsfehlern, so daß betreffende Bildelemente nicht oder nicht vollständig in den logischen Zustand "1" bzw. "0" geschaltet werden können. Diese Fehler der Matrix 20 werden dadurch kompensiert, daß alle defekten Bildelemente ermittelt und derart bearbeitet werden, daß diese nicht länger Licht reflektieren. Dadurch, daß jede Struktur auf der Vorlage 6 durch einander überlappende Teilbilder erzeugt werden, ist sichergestellt, daß jeder Teil der zu belichtenden Struktur wenigstens einmal durch ein funktionsfähiges Bildelement oder durch einen funktionsfähigen Oberflächenbereich belichtet wird.

Das Erzeugen der gesamten belichteten Struktur während des kontinuierlichen Verfahrens des Positioniertisches 7 führt nicht zu Unschärfen, da die Pulsdauer der gepulsten Excimer-Laserlichtquelle 2 kürzer ist als die minimale Abmessung der zu erzeugenden Struktur geteilt durch die Verfahrgeschwindigkeit des Positioniertisches 7.

Die Datenstruktur für die Ansteuerung der Adressierungsmatrix 20 entspricht im wesentlichen der Datenstruktur für die Ansteuerung von rasterorientierten Laserstrahl- oder Elektronenstrahlgeräten nach dem Stand der Technik. Ein erheblicher Vorteil bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung besteht darin, daß die für die Übertragung großer Datenmengen notwendige Zeit durch die Unterteilung der Adressierungsmatrix 20 und durch paralleles Programmieren von Teilmatritzen von beispielsweise 16 oder 32 Streifen fast beliebig reduziert werden kann. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Belichtungsvorrichtung 1 mit der Adressierungsmatrix 20 liegt darin, daß zum Zwecke der Belichtung von sich wiederholenden Strukturen, wie beispielsweise von regelmäßigen Anordnungen integrierter Schaltkreise auf einer Siliziumscheibe, die Adressierungsmatrix 20 für alle identischen Strukturen nur einmal programmiert und das programmierte Bild nur einmal gespeichert werden muß.

Es ist möglich, die erfindungsgemäße Belichtungsvorrichtung 1 mit einem Autokalibrationssystem und mit einem System für die Feinjustierung der Vorlagen 6 beim Direktschreiben zu versehen. Zu diesem Zweck werden Referenzmarken auf dem Positioniertisch 7 und auf der Vorlage 6 vorgesehen und die Adressierungsmatrix 20 als programmierbare Referenzmarke benutzt. Durch eine Autokalibration können Vergrößerungsfehler der projezierenden optischen Einheit 5 und sämtliche Positionierungsfehler kompensiert werden.

Patentansprüche

1. Belichtungsvorrichtung zum Herstellen von Vorlagen für die Fertigung elektronischer Elemente oder zum Direktbelichten von Scheiben oder Substraten bei den für ihre Herstellung notwendigen fotolithographischen Schritten oder von Strukturen mit lichtempfindlichen Schichten, mit einer Lichtquelle (2) und einem Mustergenerator (3), bei der

 - der Mustergenerator (3) ein optisches Schlierensystem (14) und einen aktiven, Matrix-adressierbaren Flächenlichtmodulator (13) aufweist,

 - der Flächenlichtmodulator (13) eine reflektierende Oberfläche (19) aufweist, deren adressierte Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) einfallendes Licht gebeugt und deren nicht-adressierte Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) einfallendes Licht ungebeugt reflektieren,

 - das Schlierensystem (14) ein Flächenlichtmodulatorseitiges Schlierenobjektiv (15), ein dem Flächenlichtmodulator (13) abgewandtes Projektionsobjektiv (16) und eine zwischen diesen Objektiven (15, 16) angeordnete Spiegelvorrichtung (17, 17a) aufweist, die Licht von der Lichtquelle (2) auf die Oberfläche (19) des Flächenlichtmodulators (13) richtet,

 - das Schlierenobjektiv (15) mit einem bezogen auf seine Brennweite geringen Abstand zu dem Flächenlichtmodulator (13) angeordnet ist,

 - eine Filtervorrichtung (17, 17b) zwischen dem Schlierenobjektiv (15) und dem Projektionsobjektiv (16) angeordnet ist, die derart ausgebildet ist, daß sie das von den adressierten Oberflächenberei-

chen (19a, 19b, ...) des Flächenlichtmodulators (13) reflektierte, gebeugte Licht herausfiltert und das von den nicht-adressierten Oberflächenbereichen (19a, 19b, ...) reflektierte, ungebeugte Licht über das Projektionsobjektiv (16) zu der Vorlage (6) oder dem elektronischen Element oder der Struktur durchläßt,

- ein verfahrbarer Positioniertisch (7) vorgesehen ist, auf dem die Vorlage (6) oder das elektronische Element oder die Struktur derart festlegbar ist, daß die nicht-adressierten Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) des Flächenlichtmodulators (13) auf der Vorlage (6) oder dem elektronischen Element oder der Struktur scharf abbildbar sind, und

- der Flächenlichtmodulator (13) derart adressiert wird, daß dessen nicht-adressierte Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) den zu belichtenden Projektionsbereichen der Vorlage (6) oder des elektronischen Elementes oder der Struktur entsprechen.

2. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der

- die Lichtquelle eine gepulste Laserlichtquelle (2) ist,

- die Pulsdauer der gepulsten Laserlichtquelle (2) kürzer als die minimale Strukturabmessung der zu erzeugenden Vorlage, des elektronischen Elementes oder der Struktur geteilt durch die Verfahrgeschwindigkeit des Positioniertisches (7) ist, und

- die Vorlage (6) oder das elektronische Element oder die Struktur während des Verfahrens des Positioniertisches aus einer Mehrzahl von Teilbildern durch entsprechende Adressierung des Flächenlichtmodulators (13) zusammengesetzt wird.

3. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der

 - eine Fokussiereinrichtung (4) zum Fokussieren des Lichtes von der Lichtquelle (2) auf die Spiegelvorrichtung (17, 17a) vorgesehen ist.

4. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der

 - eine Fokussiereinrichtung (4) zum Fokussieren des Lichtes von der Lichtquelle (2) auf einen Punkt im Strahlengang vor der Spiegelvorrichtung (17, 17a) vorgesehen ist, dessen Abstand von der Spiegelvorrichtung (17, 17a) gleich dem Abstand der Brennebene des Schlierenobjektivs (15) von der Spiegelvorrichtung (17, 17a) ist.

5. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der

 - die Spiegelvorrichtung (17, 17a) einen über die Brennweite des Schlierenobjektivs (15) von dem Schlierenobjektiv beabstandeten teildurchlässigen Spiegel (17a) aufweist, dessen außerhalb eines Mittenbereichs liegenden Bereiche zum Erzeugen der Filtervorrichtung für das von den adressierten Oberflächenbereichen (19a, 19b, ...) reflektierte, gebeugte Licht als Blende (17b) ausgebildet sind, und

 - der teildurchlässige Spiegel (17a) auf der durch die Objektive (15, 16) festgelegten optischen Achse liegt und gegenüber dieser in einem 45°-Winkel angeordnet ist.

6. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der

 - die Spiegelvorrichtung und die Filtervorrichtung

durch eine verspiegelte Schlitzblende (17c) gebildet sind, die gegenüber der durch die Objektive (15, 16) festgelegten optischen Achse senkrecht zu dieser in Einfallsrichtung oder entgegen zu der Einfallsrichtung des von der Lichtquelle (2) stammenden Lichts mit einem Versatz Δx angeordnet ist, und

- der Schlitz (17d) der Schlitzblende (17c) derart außerhalb der optischen Achse angeordnet ist, daß das von den nicht-adressierten Oberflächenbereichen (19a, 19b, ...,) des Flächenlichtmodulators (13) reflektierte Licht den Schlitz (17c) durchläuft.

7. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 6, bei der

- die Schlitzblende (17c) gegenüber dem 45°-Winkel zu der optischen Achse um einen Drehwinkel α verschwenkt ist, für den folgender Zusammenhang gilt:

$$\alpha = \Delta\beta/2 = 1/2 \text{ arctg } (\Delta x/R),$$

wobei α den Drehwinkel, Δx den Versatz und R die Brennweite des Schlierenobjektivs (15) bezeichnen.

8. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 6, bei der

- die Schlitzblende (17c) in einem 45°-Winkel zu der optischen Achse angeordnet ist, und

- das von der Lichtquelle (2) kommende Licht im Strahlengang vor der Schlitzblende (17c) durch ein Prisma (4d) um einen Winkel $\Delta\beta$ abgelenkt wird, für den folgende Beziehung gilt:

$$\Delta\beta = \text{arctg } (\Delta x/R),$$

wobei Δx den Versatz und R die Brennweite des

Schlierenobjektivs (15) bezeichnen.

9. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 2, bei der

 - die gepulste Laserlichtquelle eine Excimer-Laserlichtquelle (2) ist.

10. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der

 - als funktionsunfähig erkannte Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) des Flächenlichtmodulators (13) derart behandelt sind, daß diese nicht mehr reflektieren,

 - der Flächenlichtmodulator (13) und der Positioniertisch (7) derart angesteuert werden, daß jedes Bildelement der zu belichtenden Vorlage oder des Elementes oder der Struktur wenigstens zweifach bei einander teilweise überlappenden Abbildungen in der Weise belichtet wird, daß der Versatz des abgebildeten Bildelementes mit dem Verfahrweg des Positioniertisches zwischen den Pulsen zum Erzeugen der Abbildungen übereinstimmt.

11. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der

 - jedem Oberflächenbereich (19a, 19b, ...) des Flächenlichtmodulators (13) zwei Transistoren mit jeweils einem Steuerelektrodenpaar oder mehreren Steuerelektrodenpaaren zugeordnet sind, die bei Adressierung des betreffenden Oberflächenbereiches (19a, 19b, ...) je ein oder mehrere Diffraktionsgitter mit der reflektierenden Oberfläche (19) und der von ihr überdeckten viskoelastischen Steuerschicht (18) erzeugen.

12. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit

- einer automatischen Belade- und Entladevorrichtung für Scheiben oder Substrate, die eine vollautomatische Belichtung eines Loses von Scheiben oder Substraten gestattet.

13. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, mit

- einer Vorjustiereinrichtung und einer Feinjustiereinrichtung, die das paßgenaue wiederholte Belichten der Substrate während des Fertigungsprozesses gestattet.

14. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 13, bei der

- der Flächenlichtmodulator (13) als programmierbare Referenzmarke bei der Vor- und Feinjustierung benutzt wird.

15. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der

- der Flächenlichtmodulator (13) eine viskoelastische Steuerschicht (18) aufweist, auf der die reflektierende Oberfläche (19) angeordnet ist.

16. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 15, bei der

- die reflektierende Oberfläche des Flächenlichtmodulators (13) mit einer Flüssigkristallschicht bedeckt ist, und

- die elektrisch adressierbaren Oberflächenbereiche (19a, 19b, ...) eine Phasenverschiebung und damit eine Beugung des einfallenden Lichtes bewirken.

17. Belichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der

- der Flächenlichtmodulator (13) eine aus adressierbaren, mechanischen Elementen bestehende reflektierende Oberfläche aufweist, deren Verbiegung eine Phasenverschiebung und damit eine Beugung des Lichtes bewirkt.

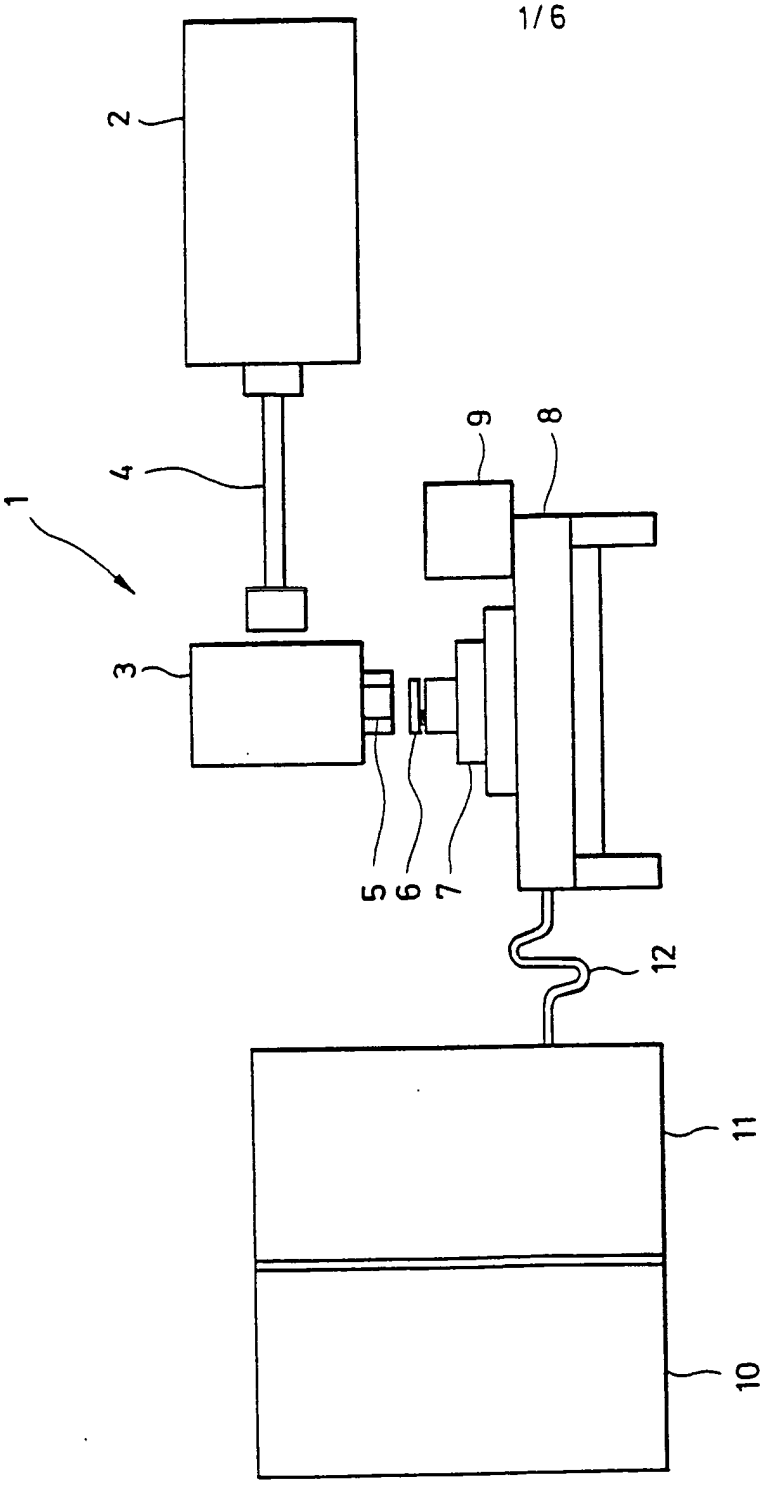


FIG.1

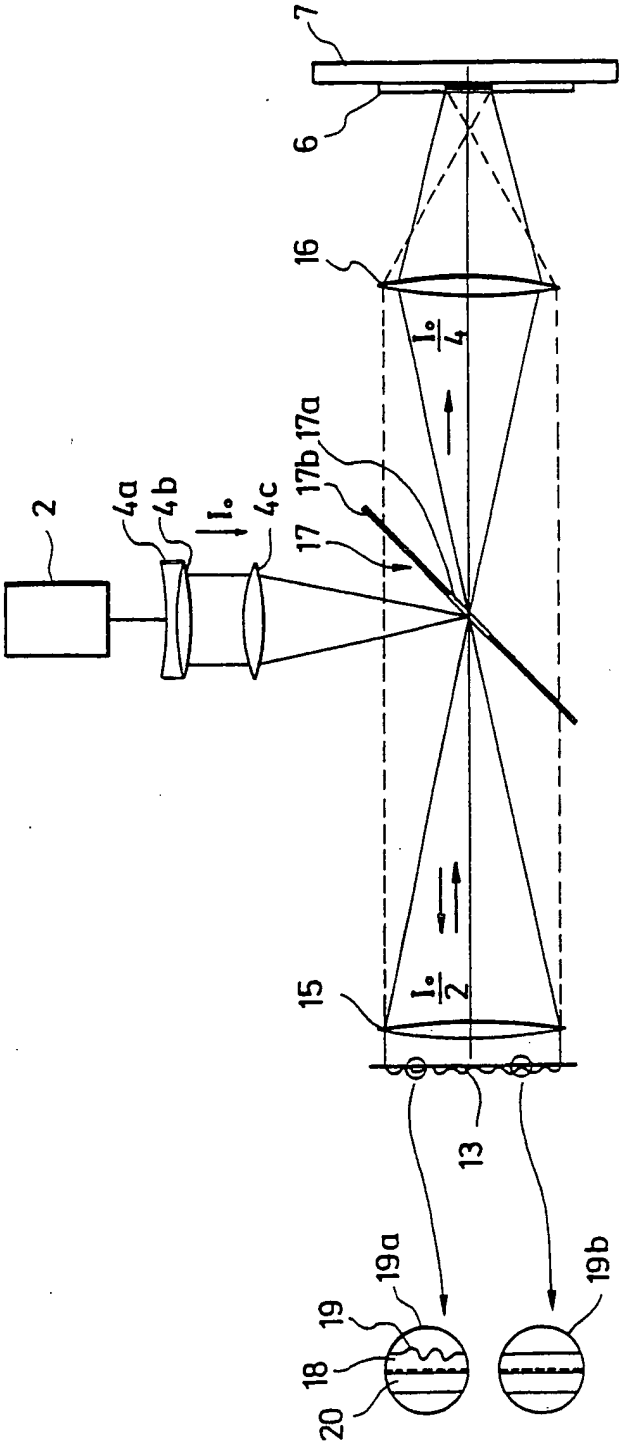

7
6
16
$\frac{I_0}{4}$
17a
17b
17
2
4a
4b
I_0
4c
15
$\frac{I_0}{2}$
13
19a
19b
19
18
20

FIG. 2

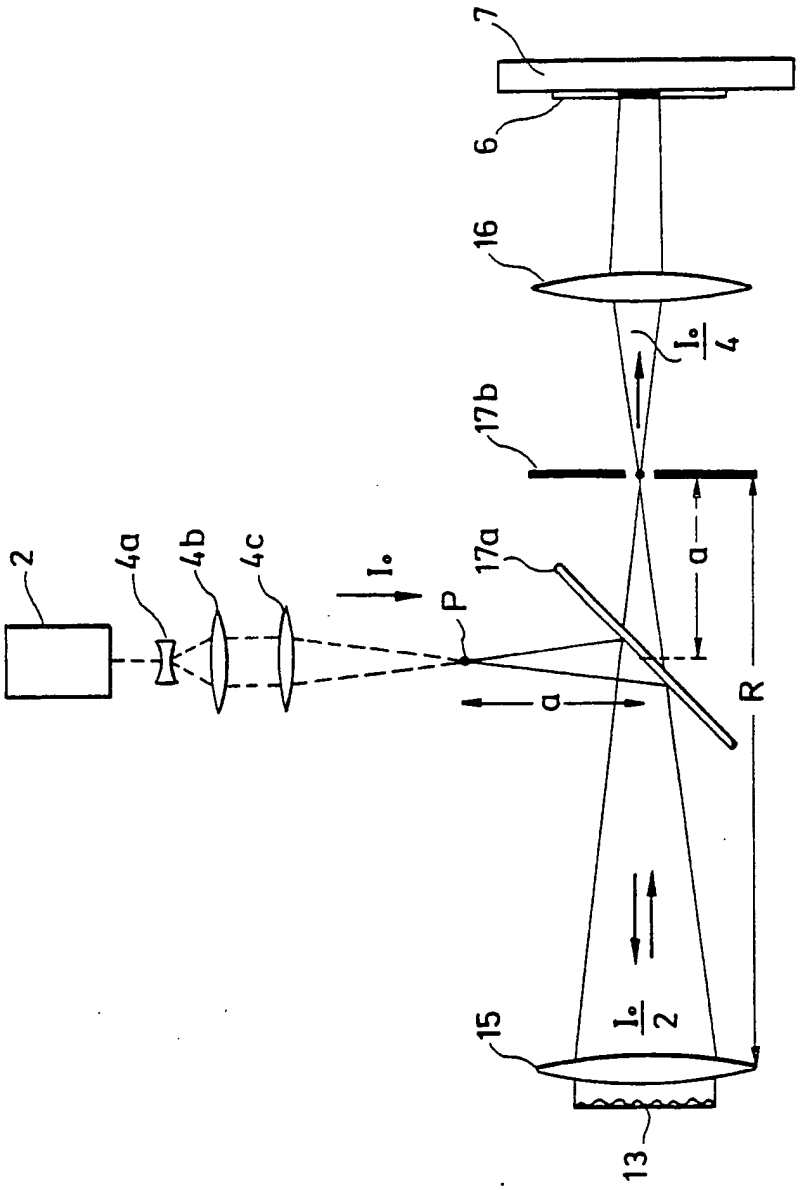


FIG.3

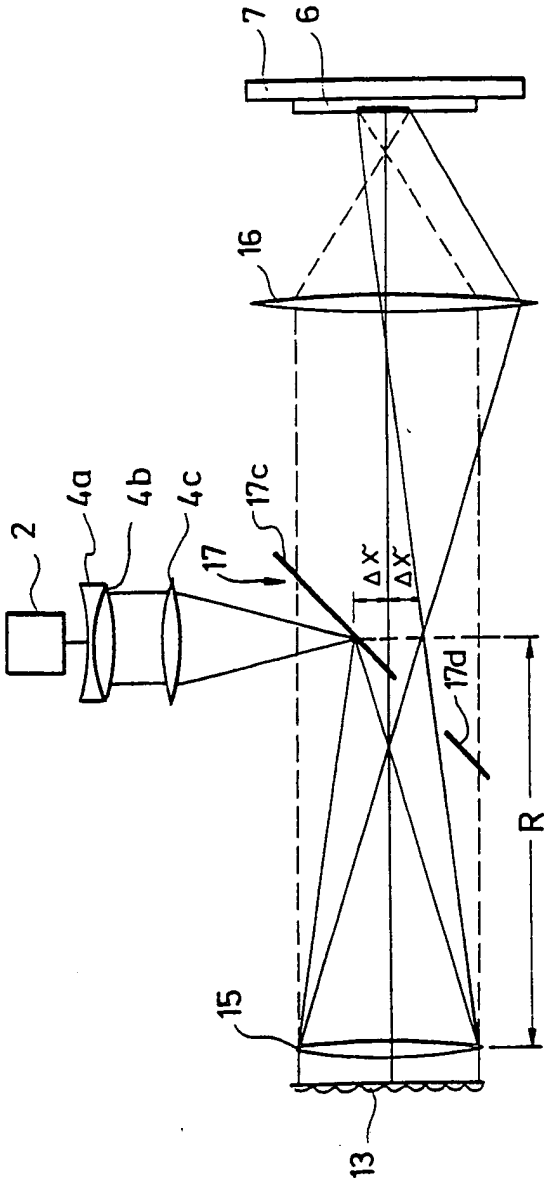


FIG. 4

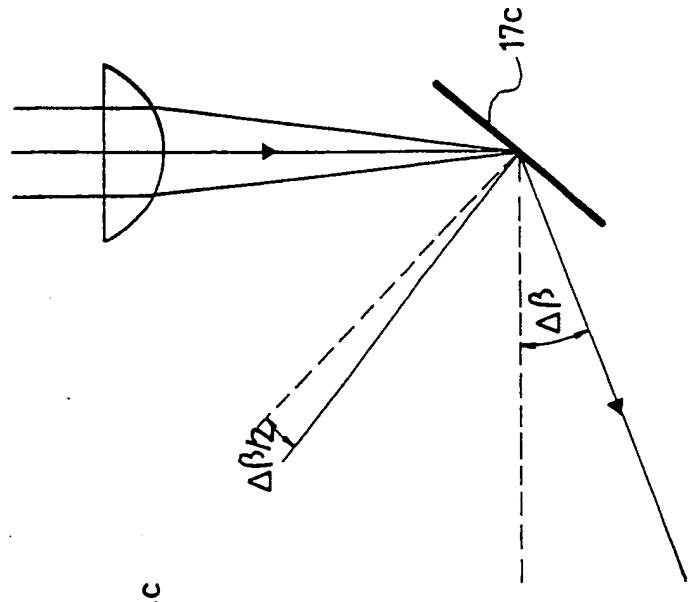


FIG.6

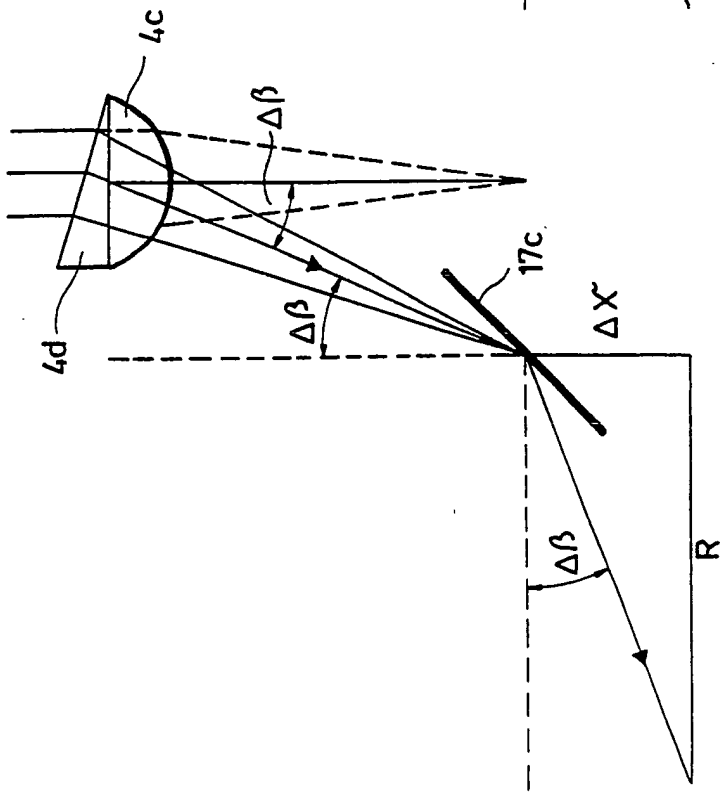


FIG.5

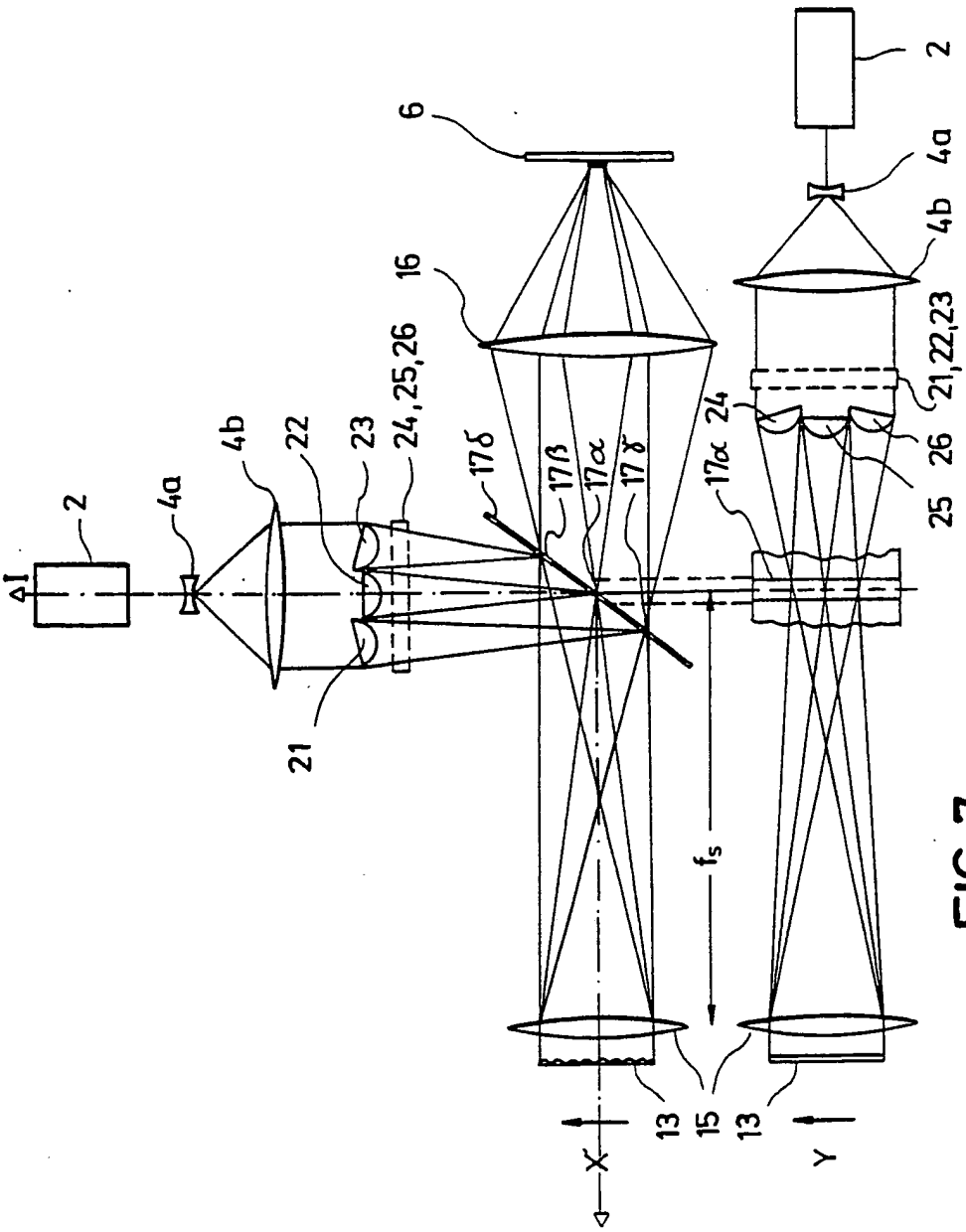

2
4a
4b
22
23
24,25,26
16
6
17δ
17β
17α
17γ
17α
24
21,22,23
26
25
21
f_s
13
15
13
X
Y

FIG.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 91/00860

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.[5] G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.[5] G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 675 702 (H.G. GERBER)23 June 1987 see column 1, line 1 - line 39 see column 8, line 30 - column 9, line 3 see column 10, line 7 - line 39; figures	1
A	PROCEEDINGS OF SPIE vol. 1018, 1988, BELLINGHAM, WA, US pages 79 - 85; W. BRINKER ET AL.: 'Deformation behaviour of thin viscoelastic layers used in an active-matrix-addressed spatial light modulator' cited in the application see page 79; figure 1	1
A	US,A,4 728 185 (D.A. THOMAS) 1 March 1988 see column 1, line 8 - line 35	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 June 1992 (30.06.92)	10 July 1992 (10.07.92)
Name and mailing address of the ISA EUROPEAN PATENT OFFICE Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. DE 9100860 SA 52764

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 30/06/92
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4675702	23-06-87	DE-A,C 3708147	24-09-87
		FR-A- 2595833	18-09-87
		GB-A,B 2187855	16-09-87
		JP-B- 1039094	18-08-89
		JP-C- 1555645	23-04-90
		JP-A- 62249165	30-10-87
US-A-4728185	01-03-88	None	

INT. NATIONALER RECHERCHENBERIC.

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 91/00860

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 G03F7/20

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff [7]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Kl. 5	G03F

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen [8]

III. EINSCHLAGIGE VEROFFENTLICHUNGEN [9]

Art.°	Kennzeichnung der Veröffentlichung[11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile[12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
A	US,A,4 675 702 (H.G. GERBER) 23. Juni 1987 siehe Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 39 siehe Spalte 8, Zeile 30 - Spalte 9, Zeile 3 siehe Spalte 10, Zeile 7 - Zeile 39; Abbildungen ---	1
A	PROCEEDINGS OF SPIE Bd. 1018, 1988, BELLINGHAM, WA, US Seiten 79 - 85; W. BRINKER ET AL.: 'Deformation behaviour of thin viscoelastic layers used in an active-matrix-addressed spatial light modulator' in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 79; Abbildung 1 ---	1
A	US,A,4 728 185 (D.A. THOMAS) 1. März 1988 siehe Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 35 ---	1

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen [10]:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. JUNI 1992	10. 07. 92

Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
EUROPAISCHES PATENTAMT	HERYET C.D.

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. DE 9100860 SA 52764

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 30/06/92
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US-A-4675702	23-06-87	DE-A,C	3708147	24-09-87
		FR-A-	2595833	18-09-87
		GB-A,B	2187855	16-09-87
		JP-B-	1039094	18-08-89
		JP-C-	1555645	23-04-90
		JP-A-	62249165	30-10-87
US-A-4728185	01-03-88	Keine		

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

Exposure Device

Description

The published invention concerns an exposure device for the production of templates, as for example reticles and masks, used in the production of electronic elements or for the direct exposure of disks and substrates during the photolithographic steps necessary for said production or for the direct of structures with light-sensitive layers, whereby this exposure device is comprised of a light source and a pattern generator.

In particular, the published invention involves the production of templates, reticles and masks or the direct exposure in the micrometer field during semiconductor production, the production of integrated circuits, hybrid production and the production of flat screens, as well as similar production methods which use exposure processes. In particular, the invention involves an exposure device as it can be used for the direct exposure of semiconductor wafers in semiconductor production and for the direct exposure of substrates in hybrid and combination technology.

For the production of reticles, which are exposure templates for photolithographic circuit production, as well as for the production of masks and for the direct exposure of semiconductor products, electron beam etchers, laser equipment and optical pattern generators with a laser light source or a mercury vapor lamp are used. Optical pattern generators according to the state of technology create the desired structures through the sequential, individual exposure of rectangular windows that are

determined by mechanical rectangular screens. The complexity of the structure to be created determines the number of necessary exposure rectangles, which in turn determines the etching time or exposure time for the structure. The exactness of the mechanical rectangular screens used limits in turn the exactness of the structures that can be created with these known pattern generators.

With laser equipment according to the state of technology the surface to be exposed is screened with a laser beam. The etching speed or exposure speed of such laser equipment is limited by the serial data throughput necessary for the screening process. In addition, such laser equipment requires a high level of mechanical-optical involvement.

The electron beam equipment implemented according to the state of technology can only be used for the exposure of electron sensitive, special photo-pigment systems and requires, in comparison with the above-described laser equipment, an additional high- vacuum equipment. Electron beam equipment is therefore very expensive to invest in and operate.

From the technical publication B.W. Brinker et al, "Deformation behavior of thin viscoelastic layers used in an active-matrix-addressed spatial light modulator," Proceedings of SPIE 1989, Volume 1018, it is already known to use a reflective optical layer system with an active-matrix addressed, viscoelastic spatial light modulator for the creation of television screens or for purposes of image monitoring. This encompasses a lasting light source whose light strikes the surface of the spatial light modulator vertically through an appropriate optical system. The surface areas of the spatial light modulator can be deformed through the addressing of control electrodes, so that the light which strikes the addressed surface elements is diffracted, and the light which strikes the non-addressed surface elements reflects without diffracting. The unbent light is directed

back to the light source, while the diffracted light is used by the optical layer system to create an image on the television screen or image monitor.

From the company document by Texas Instruments, JMF 008:0260;10/87 a spatial light modulator is known whose reflective surface consists of numerous electrically addressable, mechanically shapeable tabs.

The older, unpublished international patent application PCT/DE91/00375 of the applicant describes an exposure device for the production of templates used in the production of electronic elements or for the direct exposure of wafers or substrates with a light source and a pattern generator, whereby the pattern generator has an optical layer system and an active-matrix-addressed light modulator with a reflective surface whose addressed surfaces diffract striking light and whose non-addressed surface areas reflect striking light, whereby the layer system has a layer lens close to the surface light modulator and a projection lens, whereby a filter system, which filters out the light from the non-addressed surface areas and only allows the diffracted light from the addressed surface areas of the surface light modulator across the projection lens to the artwork master or the electronic element, is arranged between the layer lens and the projection lens. This exposure device works in a so-called positive mode, whereby the targeted, addressed areas of the surface light modulator correspond to exposed areas in the projection onto the artwork master or electron element. In other words, the filter equipment of this exposure device allows through all diffracted orders except for null orders. The intensity distribution of the projection exhibits an undesired modulation, whose amplitude and modulation period is dependent upon the number and manner of the diffracted orders contributing to the projection as well as upon the relative

influence of the individual orders, whereby the intensity portion of a diffracted order is proportional to the square of the corresponding Bessel function. The period of the fine structure of the projection must therefore be reduced enough so that it is no longer dissolved by the projected optic or by the photopigment to be exposed. For this purpose, for example, the screen constant of the surface light modulator can be minimized, the projection scale reduced or the so-called diffracting efficiency raised, whereby the influence of higher diffracting orders is increased. Because the increase of bending efficiency requires an increase in the deformation amplitude, this is done with an increased screen constant, so that the desired effect is partially compensated for again. Therefore, the degree of targeted homogeneity of the illumination of the individual picture elements of the projection is limited with this exposure device.

In contrast to this state of technology, the published invention aims to create an exposure device of the initially stated type that despite a simple structure not only allows for a reduced exposure period in comparison to the etching time of laser equipment or electron beam equipment, but also provides a homogenous exposure of the individual picture elements of the projection.

This task is met through an exposure device according to patent claim 1.

According to the invention, the exposure device to produce templates for the production of electronic elements or direct exposure of wafers or substrates during the photolithographic steps necessary for their production or for the direct exposure of structures with light sensitive steps comprises a light source and a pattern generator, whereby the pattern generator has an optical layer system and an active-matrix-addressed surface light modulator,

which has a reflective surface whose addressed surface areas diffract striking light and whose non-addressed surface areas reflect striking light, whereby the layer system has a layer lens on the surface light modulator side, a projection lens facing away from the surface light modulator and a mirror system positioned between these lenses which directs the light from the light source to the surface of the surface light modulator, whereby the layer lens is positioned with a minimal distance in relation to its focal distance to the surface light modulator and whereby a filter system is positioned between the layer lens and the projection lens and is so constructed such that it filters out the reflected, diffracted light from the addressed surface areas of the surface light modulator and lets the reflected, undiffracted light from the non-addressed surface areas pass through the projection lens to the template or the electronic element or the structure, whereby the exposure device has, in addition, a moveable positioning table upon which the template or the electronic element or the structure is fastenable such that the non-addressed surface areas of the surface light modulator are sharply projectable onto the template or electronic element or structure, and whereby the surface light modulator is addressed such that its non-addressed surface areas correspond to projection areas to be exposed of the template, the electronic element or the structure. For the exposure device according to the invention, the filter system is therefore constructed such that it only allows through light from the null diffracting order, whereby the surface light modulator is addressed such that its non-addressed surface areas correspond to the projection areas to be exposed. Stated briefly, the exposure device according to the invention works in the negative mode. In contrast to the above described exposure device that works in the positive mode and whose projection has a fine structure,

the illumination of the picture elements of the exposure device according to the invention has no fine structure, but rather an ideal homogeneity with ideal-rectangular-shaped intensity distribution. In addition to the homogeneous illumination of the projected picture elements, a higher intensity portion of the light source reaches the image independent of the attainable diffraction efficiency. In addition, undesirable scattered light is well suppressed because the area within the exposure device according to the invention excluded by a screen is much greater than the area allowed through.

In addition, there are also no stability problems with the exposure device according to the invention to secure a set minimum intensity for the projection because the exposure occurs in the uncontrolled condition of the affected surface area, so that if on the reflective surface there is a surface light modulator with a viscoelastic control layer the elastomer is in its relaxed state.

Further descriptions of the invention are given in the sub-claims.

In accordance with an important aspect of the invention, the light source of the exposure device according to the invention is a pulse laser light source whose pulse duration is shorter than the quotient of the minimal dimension of the structure to be created divided by the moving speed of the positioning table. In this arrangement, the exposure device according to the invention allows for a stroboscopic exposure of the template or electronic element or structure during an almost continuous movement of the positioning table, through which very high etching speeds or exposure speeds can be attained.

Despite the high exposure intensity of an individual laser

light pulse, the invention makes use of a surface light modulator, as it is invoked in the state of technology only for uses with very low exposure intensity, such as is the case with television screens. But because the laser light pulses in the exposure device according to the invention are only of brief duration, the surface light modulator remains compatible with the thermal demands. With the fast programmability or addressability of the surface light modulator, it can be reprogrammed or readdressed during the movement of the positioning table between two sequential partial images of a complete structure to be created. Therefore, not only is a short exposure pulse sequence possible for the direct exposure of semiconductor wafers with repeating structures, but the creation of irregular structures is also possible because of the fast reprogramability of the surface light modulators.

Further descriptions of the exposure device according to the invention are listed in the sub-claims.

In the following, a preferred embodiment of the exposure device according to the invention is explained in more detail with regard to the accompanying figures. They show:

Fig. 1 a schematic representation of the entire structure of the exposure device according to the invention;
Fig. 2 to Fig. 4 a detailed representation of a first, second and third embodiment of the exposure device according to the invention;
Fig. 5 a prism configuration for the adaptation of the light gathering for the embodiment according to Fig. 4;
Fig. 6 an adaptation of the light gathering angle for the embodiment according to Fig. 4 through a rotated mirror arrangement; and

Fig. 7 a fourth embodiment of the exposure device according to the invention.

The exposure device shown in Fig. 1 is labeled in its entirety with the reference number "1" and serves to produce templates, for example reticules and masks for the production of electronic elements, or for the direct exposure of substrates or structures with light sensitive layers. The exposure device 1 according to the invention has an excimer laser light source 2. This excimer laser light source is a gas discharge laser system with wave lengths in the UV range of approximately 450 to 150 nm, which supplies light pulses in a controllable fashion with a very high light intensity per pulse and a high repetition rate. The excimer laser light source 2 is used in combination with a pattern generator 3 via a lit optical unit 4. The lit optical unit 4 serves to direct the light from the excimer laser light source 2 to a surface light modulator 13, to be explained later, of the pattern generator 3, such that the light aperture of the excimer laser light source 2 is adjusted to the surface of the surface light modulator. For the preferred embodiments explained below in relation to Fig. 2 and 3, the lit optical unit 4 consists of a lens system of a known structure.

The pattern generator creates via a projecting optical unit 5, in a manner to be described in detail, a pattern on an artwork master 6, which is held by an x-y-q positioning table.

The projecting optical unit 5 not only serves to project the pattern created by the pattern generator 3 onto the artwork master 6, but also to enlarge or reduce the pattern as desired, and, if desired, to autofocus the pattern on the artwork master 6.

As already explained, the artwork master can be, for example, reticles or masks. In the case of direct exposure, that was also previously explained, the x-y-q positioning table 7 holds in place of the artwork master 6 a semiconductor wafer to be exposed, another element to be created by photolithography, or a structure with a light sensitive layer that is to be etched or exposed.

The positioning table 7 is positioned on a vibration isolating supporting construction 8. This supporting construction 8 can be equipped with a loading and unloading station 9 for additional artwork masters 6 or semiconductor elements or structures to be exposed. The loading and unloading station 9 can be configured, as is common in semiconductor production, for the automatic supplying of the positioning table 7 with the artwork masters to be exposed or substrates or other semiconductor elements.

A control computer 10 with its accompanying control electronics 11 takes over all control functions for the exposure device. Particularly, the control computer 10 and the control electronics 11 are connected to the positioning table 7 for the purpose of the computer-controlled positioning of the positioning table. The control computer 10 programs or addresses the pattern generator 3 depending upon the particular control position of the positioning table 7 for the consecutive creation of partial images on the artwork master 6 from which the exposed complete structure is created. A magnetic tape unit or a LAN interface (not shown) is used as a data carrier.

As shown in Fig. 2, the pattern generator 3 is comprised of a surface light modulator or a two-dimensional light modulator 13, as well as an optical layer system that has a layer lens 15 facing the surface light modulator 13, a projection lens 16 facing away from the surface light modulator 13, and a mirror system 17 positioned between the layer lens 15 and the projection lens 16.

The layer lens 15 is positioned a minimal distance 13 in relation to its focal distance to the surface light modulator.

In the embodiment shown in Fig. 2, the mirror system comprises a partially opaque mirror 17a positioned at the focal length of the layer lens 15 in which the partially opaque mirror 17a is rotated 45° and positioned across from the optical axis of the lenses 15, 16. The partially opaque mirror 17a only extends across a relatively small middle area, so that from this area, only the reflected light from the surface light modulator 13 of the null diffracted order is allowed to pass through. Outside this middle area, the mirror system 17 is configured as a screen 17b, which serves to filter out all diffracted orders of the reflected light from the surface light modulator with the exception of the null diffracted order. Because only half of the intensity of the light emitted from the light source 2 is directed through the partially opaque mirror 17a to the surface modulator 13 and because there, too, only half of this reflected light is allowed through to the projection lens 16, the light that reaches the projection lens 16 has at most one-fourth of the intensity of the light emitted from the light source 2.

Between the excimer laser light source 2 and the mirror system 17, there is a beam-spreading lens 4a, 4b and a focusing lens 4c which serve to focus the light emitted by the excimer laser light source 2 on the mirror system 17 and which are the components of the lit optical unit 4.

The surface light modulator 13 encompasses a viscoelastic control layer 18, which is closed to the direction of the layer lens

15 by a reflective surface 19, and which can be made, for example, from a metal film. In addition, the surface light modulator 13 comprises a so-called active addressing matrix 20, which can be made from a monolithic integrated arrangement of MOS transistors with corresponding control electrode pairs. Typically, the addressing matrix 20 comprises 2000 x 2000 picture elements. Every picture element or surface area 19a, 19b, ... of the reflective surface 19 of the addressing matrix 20 has two transistors with one or more electrode pairs, which each form a diffraction screen with one or more screen periods with the viscoelastic layer 18 and its reflective surface 19.

When a surface area 19a, 19b, ... is addressed (logical "1") through the application of opposing voltages on both electrodes of an electrode pair of the corresponding surface area, the reflective surface 19 takes on an approximate sine shape in cross section. When not addressed, the corresponding surface area 19a, 19b, ... is flat. When a beam of light strikes a non-addressed surface area 19a, 19b, ... it is reflected and reaches the projection lens 16 through the partially opaque mirror 17a. Light rays from the addressed surface areas are filtered out by the screen 17b.

In the embodiment according to Fig. 2, the mirror system 17 comprises a partially opaque mirror 17a, as well as the screen 17b, which serves as a filtering device for the higher diffracted orders. The partially opaque mirror 17a, as well as the screen 17b are therefore primarily arranged in the focal plane of the layer lens 15.

In the embodiment according to Fig. 2, the functions of light integration and filtering are realized by the mirror system 17 with a partially opaque mirrored middle area

and a screen-like outer area. A variation on this embodiment can be executed, as explained below in reference to Fig. 3, with a spatial and functional division of the light integration and the filtering. The embodiment according to Fig. 3 differentiates itself thereby from the embodiment according to Fig. 2, in that it has the partially opaque mirror 17a in relation to the focal plane R of the layer lens 15 along the optical axis offset to the layer lens 15. In this configuration, the focusing system 4 focuses the light emitted from the light source 2 at a point P, whose distance a from the partially opaque mirror 17a in the axis of the beam path is equally as large as the distance of the partially opaque mirror 17a in the optical axis of the optics 15, 16 from the focal plane R of the layer lens 15. The screen 17b, now configured functionally and spatially distinct, is positioned in the focal plane and serves to allow light through from the null diffracted order, as well as to filter out the light of higher diffracted orders.

It is also conceivable, for the focusing of the light coming from the light source 2 onto the partially opaque mirror 17a in the optical axis, to position the partially opaque mirror 17a offset from the focal plane of the layer lens 15 along the optical axis , whereby the diffractive plane correspondingly moves away from the focal plane of the layer lens 15, so that, in this case, the screen 17b is positioned offset from the focal plane of the layer lens 15 in the direction toward the projection lens 16.

The advantages of the last stated configuration lie therein that, in this case, the partially opaque mirror 17a and the filter system can be adjusted separately and their settings can be optimized independently from one another. In particular, different filters can be used in the exposure device without

adjusting the settings of the light integration.

The embodiment according to Fig. 4 differentiates itself from the embodiment in Fig. 2 in that here the mirror system 17 is made of a mirrored slit screen, which is positioned across from the optical axis determined by the lenses 15, 16, perpendicular to the direction or against the direction from which the light from the light source 2 is emitted with an offset of Δx. The slit 17d in the slit screen 17c is positioned outside the optical axis such that the reflected light from the nonaddressed surface areas 19a, 19b, ... of the surface light modulator 13 goes through this slit 17d toward the projection lens 16. With the mirror of the slit screen 17c offset upward across from the optical axis in the drawing in Fig. 4, one achieves a separation of the point light source formed on the slit screen, as well as the reflected light of the null diffracted order.

In this embodiment it is also necessary to adjust the mirror system 17by conforming the angle of incidence, which can be attained by the measures explained in reference to Fig. 5 and 6.

As shown in Fig. 5, the focusing optic 4c can have a prism 4d placed before it, which directs the parallel light that strikes the prism at an angle $\Delta\beta$, for which the following holds true:

$\Delta\beta = \text{arctg}\ (\Delta x/R)$, where Δx is the offset and R the focal length of the layer lens 15.

In a different manner it is also possible, as shown in Fig. 6, to make the angle of incidence conform by rotating the mirror 17c at the angle $\Delta\beta/2$, for which the following holds true:

$\Delta\beta/2 = 1/2$ arctg $(\Delta x/R)$, where Δx is again the offset and R the focal length of the layer lens 15.

In the following embodiment described in reference to Fig. 7, in contrast to the previous embodiments, not only one sole point light source is created, which illuminates the surface light modulator 13, but rather numerous, primarily point symmetric light sources are generated that each illuminate the entire surface of the surface light modulator. Here the mirror system 17 comprises three point symmetrically arranged, partially opaque mirrors 17a, 17b, 17g, that serve as a common screen structure 17d to filter out reflected light with a first or higher diffracted order.

The middle mirror 17a is positioned in the focal point of the layer lens 15. The additional partially opaque mirrors 17b, 17g are positioned symmetrically to the first mentioned mirror 17a. The point light source that is created at the point of the second partially opaque mirror 17b, leads with nonaddressed surface areas 19a, 19b to a reflected light beam that passes through the third partially opaque mirror 17b toward the projection lens 16.

The upper configuration according to Fig. 7 shows the exposure device in the x-z plane, while the lower configuration shows the exposure device in the y-z plane along the intersection line I-I of the upper configuration.

Each of the axis directions of the partially opaque mirrors 17a, 17b, 17g is positioned in the y direction and therefore parallel to phase structure created by the waves of the surface 19 of the surface light modulator 13.

In order to create the point light sources, the illuminating optical unit 4 comprises for every partially opaque mirror 17a, 17b, 17g, a cylinder lens system 21, 22, 23 that is parallel to the phase structure and therefore positioned in the y direction.

These cylinder lens systems have, as can be seen in Fig. 3, various focal lengths to focus on the partially opaque mirrors 17a, 17b, 17g. In addition, the cylinder systems 21, 23 positioned outside the optical axis are comprised of prisms to allow the light to enter in such an angle to the mirrors 17b, 17g that the surface light modulator 13 is illuminated over its entire surface each time. In the optic path behind the cylinder lens system 21, 22, 23, which is parallel to the phase structure, is a cylinder lens system 24, 25, 26 that is perpendicular to the phase structure and which is constructed and positioned corresponding to the cylinder lens system just described. The cylinder lens systems positioned behind each other create nine point light sources on the three partially opaque mirrors 17a, 17b, 17g.

During operation the positioning table 7 is continually moved in a predetermined direction, while the overlapping partial images of the entire structure to be projected are projected by the pulsing of the excimer laser light source 2 onto the template 6. In general, the addressing matrix 20 comprises numerous dysfunctional picture elements due to manufacturing flaws, so that the corresponding picture elements cannot be, or cannot be completely, switched to the logical position "1" or "0." These flaws in the matrix 20 are compensated for in that all defective picture elements are found and processed such that they no longer reflect light. Because every structure on the template 6 is created by partial images overlapping each other, it is certain that every part of the structure to be exposed is illuminated at least once by a functioning picture element or by a functioning surface area.

The creation of the entire exposed structure during the continuous movement of the positioning table 7 does not lead to unfocused images, because the pulse duration of the pulsed excimer laser light source 2 is shorter than the minimal dimension of the structure to be created divided by the speed of movement of the positioning table 7.

The data structure for the control of the addressing matrix 20 corresponds for the most part to the data structure for the control of screen oriented laser beam or electron beam equipment according to the state of technology. A significant advantage of the use of the exposure device according to the invention is that the time required to transfer large amounts of data can be reduced by almost as much as desired by breaking up the addressing matrix 20 and by parallel programming of partial matrices of, for example, 16 or 32 strips. An additional advantage of the exposure device 1 according to the invention with the addressing matrix 20 is that, for the purpose of exposing repeated structures, as for example with regular arrangements of integrated circuits on a silicon wafer, the addressing matrix 20 must only be programmed once for all identical structures and the programmed image only has to be saved one time.

It is possible to equip the exposure device 1 according to the invention with an automatic calibration system and with a system for fine adjustments to the templates 6 for direct etching. For this purpose, reference marks are made on the positioning table 7 and on the template 6 and the addressing matrix 20 is used as a programmable reference mark. With automatic calibration, enlargement errors of the projecting optical unit 5 and all positioning errors can be compensated for.

Patent Claims

1. Exposure device to produce templates for the production of electronic elements or to directly expose wafers or substrates during the necessary photolithographic steps for their production or to directly expose structures with light sensitive layers, with a light source (2) and a pattern generator (3) where

- the pattern generator (3) has an optical layer system (14) and an active-matrix-addressable surface light modulator (13),

- the surface light modulator (13) has a reflective surface (19) whose addressed surface areas (19a, 19b, ...) reflect striking light diffracted and whose non-addressed surface areas (19a, 19b, ...) reflect striking light undiffracted,

- the layer system (14) has a layer lens (15) on the side of the surface light modulator, a projection lens (16) facing away from the surface light modulator (13) and a mirror system (17, 17a) positioned between these lenses (15, 16), which directs the light from the light source (2) to the surface (19) of the surface light modulator (13),

- the layer lens (15) is positioned in relation to its focal distance with a minimal distance to the surface light modulator (13),

- a filter system (17, 17b) is positioned between the layer lens (15) and the projection lens (16) and is constructed such that it filters out the reflected, diffracted light from the addressed surface areas (19a, 19b, ...)

of the surface light modulator and allows through the reflected undiffracted light from the nonaddressed surface areas (19a, 19b, ...) across the projection lens (16) to the template (6) or the electronic element or the structure,

- a moveable positioning table (7) is planned, upon which the template (6) or the electronic element or the structure is positionable such that the nonaddressed surface areas (19a, 19b, ...) of the surface light modulator (13) can be sharply projected onto the template (6) or the electronic element or the structure, and

- the surface light modulator (13) is addressed such that its non-addressed surface areas (19a, 19b ...) correspond to projection areas to be exposed of the template (6), the electronic element or the structure.

2. Exposure device according to claim 1, where

- the light source is a pulsed laser light source (2),

- the pulse duration of the pulsed laser light source (2) is shorter than the minimum structural dimension of the template, the electronic element, or the structure to be created divided by the moving speed of the positioning table (7), and

- the template (6) or the electronic element or the structure is composed of numerous partial images during the positioning table process by corresponding addressing of the surface light modulator (13).

3. An exposure device according to claim 1 or 2 where

- a focusing system (4) to focus the light from the light source (2) onto the mirror system (17, 17a) is planned.

4. An exposure device according to claim 1 or 2, where

- a focusing system (4) to focus the light of the light source (2) on a point in the beam path of the mirror system (17, 17a) is planned, whose distance from the mirror system (17, 17a) is equal to the distance off the focal plane of the layer lens (15) from the mirror system (17, 17a).

5. An exposure device according to one of the claims 1 through 4, where

- the mirror system (17, 17a) has a semi-opaque mirror (17a) at the focal length of the layer lens from the layer lens(15) from the semi-opaque mirror's areas to create to the filter system for the reflected, diffracted light from the addressed surface areas (19a, 19b, ...) lie outside the middle area are constructed as a screen (17b), and

- the partially opaque mirror (17a) is positioned on the set optical axis through the lenses (15, 16) and at a 45∞ angle to them.

6. An exposure device according to one of the claims 1 through 4, where

- the mirror system and the filter system

are formed by a mirrored slit screen (17c), which is positioned perpendicularly across from the set optical axis through the lenses (15, 16) to it in the direction or against the direction of the light coming from the light source (2) with an offset of Dx,

- the slit (17d) of the slit screen (17c) is positioned outside the optical axis such that the reflected light from the nonaddressed surface areas (19a, 19b, ...) of the surface light modulator (13) goes through the slit (17c).

7. An exposure device according to claim 6 where

- the slit screen (17c) is rotated around the 45° angle to the optical axis by a rotational angle a, where the following is true:

$$a = \Delta\beta/2 = 1/2 \text{ arctg } (\Delta x/R),$$

where a is the rotational angle, Δx is the offset and R is the focal length of the layer lens (15).

8. An exposure device according to claim 6 where

- the slit screen (17c) is rotated at a 45° angle to the optical axis, and

- the light emitted from the light source (2) in the beam path in front of the slit screen (17c) is directed through a prism (4d) at an angle $\Delta\beta$, where the following relation is true:

$$\Delta\beta = \text{arctg } (\Delta x/R),$$

- where Δx is the offset and R the focal length of

the layer lens (15).

9. An exposure device according to claim 2 where

- the pulsed laser light source is an excimer laser light source (2).

10. An exposure device according to one of the claims 1 through 9 where

- the recognized, dysfunctional surface areas (19a, 19b, ..) of the surface light modulator (13) are treated such that they no longer reflect,

- the surface light modulator (13) and the positioning table (7) are controlled such that every picture element on the template or element or structure to be exposed is exposed at least twice by partially overlapping images in the manner that the distance of the projected picture element corresponds with the movement distance of the positioning table between the pulses to create the images.

11. An exposure device according to one of the claims 1 through 10, where

- every surface area (19a, 19b, ...) of the surface light modulator (13) is assigned two transistors, each with a pair or several pairs of control, which each create one or more diffraction screens with the reflecting surface (19) and the viscoelastic control layer (18) covered by it during the addressing of the corresponding surface areas (19a, 19b, ...).

12. An exposure device according to one of the claims 1 through 11, with

- an automatic loading and unloading station for wafers or substrates, which allows for the fully automatic exposure of a batch of wafers or substrates.

13. An exposure device according to one of the claims 1 through 12, with

- a pre-adjustment system and a fine adjustment system, which allows for the perfect repeat exposure of substrates during the production process.

14. An exposure device according to claim 13 where

- the surface light modulator (13) is used as a programmable reference mark during pre- and fine adjustment.

15. An exposure device according to one of the claims 1 through 14 where

- the surface light modulator (13) has a viscoelastic control layer (18), upon which the reflective surface (19) is positioned.

16. An exposure device according to claim 15 where

- the reflective surface of the surface light modulator (13) is covered with a liquid crystal layer, and

- the electrically addressable surface areas (19a, 19b, ...) cause a phase shift and therefore a diffraction of the striking light.

17. An exposure device according to one of the claims 1 through 16, where

- the surface light modulator (13) has a reflective surface made of addressable, mechanical elements whose bending causes a phase shift and therefore a diffraction of the light.